

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-230047

(43)Date of publication of application : 19.08.1994

(51)Int.Cl.

G01R 23/16

(21)Application number : 05-036081

(71)Applicant : NIPPON SEIKO KK

(22)Date of filing : 01.02.1993

(72)Inventor : MATSUOKA KATSUTOSHI

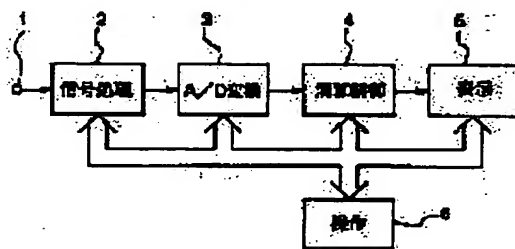
## (54) FREQUENCY SPECTRUM ANALYZER

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To output or display an accurate spectrum amplitude value by adopting a value calculated by an average amplitude operation means as a root mean square value of the spectrum amplitude value in a desired frequency.

**CONSTITUTION:** An analog signal being an analytical object is inputted to a signal input terminal 1. The inputted signal is converted into digital data in an A/D converting part 3 through a signal processing part 2, and is supplied to an operation control part 4. A control part 4 stores the inputted digital data in a memory.

Multiplication of a window function, discrete Fourier transformation and calculation of a root mean square RMS value of a spectrum in a designated frequency are carried out, and the calculated result is supplied to a display part 5, and this is displayed. Here, a square root of the squared sum of amplitude values at plural frequency points in the vicinity of a frequency desired by a user is equal to the amplitude value RMS in the frequency. Thereby, even when the frequency of the input signal is changed, an accurate amplitude value in a desired frequency can be obtained.



## LEGAL STATUS:

[Date of request for examination] 01.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3147566

[Date of registration] 12.01.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3147566号  
(P3147566)

(45) 発行日 平成13年3月19日 (2001. 3. 19)

(24) 登録日 平成13年1月12日 (2001. 1. 12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

G 0 1 R 23/16

G 0 1 R 23/16

A

G 0 6 F 17/14

G 0 6 F 15/332

A

請求項の数 4 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-36081

(22) 出願日 平成5年2月1日 (1993. 2. 1)

(65) 公開番号 特開平6-230047

(43) 公開日 平成6年8月19日 (1994. 8. 19)

審査請求日 平成12年2月1日 (2000. 2. 1)

(73) 特許権者 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 松岡 勝年

神奈川県小田原市国府津5-10-5

(74) 代理人 100081880

弁理士 渡部 敏彦

審査官 下中 義之

(56) 参考文献 特開 平6-294830 (J P, A)

特開 平6-34681 (J P, A)

(58) 調査した分野 (Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

G01R 23/16

G06F 17/14

(54) 【発明の名称】 周波数スペクトル分析装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力信号に対応するデジタルデータに窓関数を乗じ、離散的フーリエ変換を行うことにより前記入力信号の周波数スペクトルを算出し、該算出した結果を出力又は表示する周波数スペクトル分析装置において、所望の周波数近傍における所定数のスペクトルの振幅値の自乗の和の平方根を算出する平均振幅演算手段を設け、該算出した値を前記所望の周波数におけるスペクトルの振幅値の自乗平均平方根値として出力又は表示することを特徴とする周波数スペクトル分析装置。

【請求項2】 前記所望の周波数近傍における所定数のスペクトルは、前記所望の周波数近傍における振幅値の大きいスペクトルから順次所定数選択されることを特徴とする請求項1記載の周波数スペクトル分析装置。

【請求項3】 前記所望の周波数におけるスペクトルの

振幅値の自乗平均平方根値は、前記所望の周波数近傍における所定数のスペクトルの振幅値の自乗の和の平方根に前記窓関数に応じて設定される係数を乗じた値であることを特徴とする請求項1又は2記載の周波数スペクトル分析装置。

【請求項4】 前記所望の周波数近傍におけるスペクトルの振幅値のサンプリングする前記所定数は、前記自乗平均平方根値が前記所望の周波数と一致したときに得られるスペクトルの振幅値に対し、少なくとも99.0%以上となるように選択されることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項記載の周波数スペクトル分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、入力信号に対応するデ

デジタルデータの離散的フーリエ変換を行い、入力信号の周波数スペクトルを高精度に評価するための周波数スペクトル分析装置に関する。

【0002】

【従来の技術】入力信号に対応する一連のデジタルデータ（入力信号がアナログ信号の場合は、入力信号をA/D変換することにより得られる）に窓関数を乗じてから離散的フーリエ変換を施し、変換後の複素数データの絶対値を算出して、離散的な周波数点での周波数スペクトルとして表示するようにした周波数スペクトル分析装置が従来より知られている。

【0003】この装置によれば、使用者が所望の周波数点を指定すると、その周波数点における周波数スペクトルを振幅の自乗平均平方根値（以下「RMS値」という）あるいは所定値を基準とするデシベル値が周波数とともに表示される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来装置により、例えば回転体の定常的な振動を周波数分析し、特定周波数のスペクトルを測定評価しようとする場合には、回転体の回転数何らかの原因で測定のために若干ずれるようなことがあると、スペクトルの振幅値が変化し、測定値の信頼度が低下するという問題があった。

【0005】具体的には、例えば窓関数として矩形窓を採用した場合、入力信号の周波数 $f$ が前記離散的な周波数点 $k$ に一致するとき、例えば図5(a)に示すように周波数点 $k=k_0$ に対応する周波数を $f_0$ とすると、 $f=f_0$ のときは1本のスペクトルとなるが、入力信号の周波数 $f$ が周波数点に一致しないとき、例えば周波数点間の中央( $f_0+\Delta f/2$ )まで変化すると、同図(b)に示すように複数のスペクトルに分散し（以下「リーケージ」という）、注目する周波数点 $k_0$ のスペクトルの振幅値は本来の値の64%（-3.9dB）の値となる。

【0006】また、窓関数としてハニング窓を採用した場合は、図6(a)に示すように、信号周波数 $f$ が周波数点 $k_0$ に対応する周波数 $f_0$ に一致するときは3本のスペクトルとなるが、 $f=f_0+\Delta f/2$ となると、同図(b)に示すようにより多くのスペクトルに分散し、周波数点 $k_0$ のスペクトルの振幅値は本来の値の85%（-1.4dB）の値となる。

【0007】また、回転体の回転数（入力信号周波数）が分析時間中に変動すると、周波数スペクトルはさらに分散する。

【0008】従って、従来の分析装置では、指定された周波数点のスペクトルの振幅値を表示するのみであるため、リーケージ及び上記変動によるスペクトルの拡がりによって減少した、即ち誤差の大きい値が表示されるという問題があった。

【0009】本発明はこの問題を解決するためになされたものであり、入力信号の周波数と分析装置の周波数点とが一致するか否かに拘らず、正確なスペクトル振幅値（振幅スペクトル）を出力又は表示することができる周波数スペクトル分析装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の周波数スペクトル分析装置は、入力信号に対応するデジタルデータに窓関数を乗じ、離散的フーリエ変換を行うことにより前記入力信号の周波数スペクトルを算出し、該算出した結果を出力又は表示する周波数スペクトル分析装置において、所望の周波数近傍における所定数のスペクトルの振幅値の自乗の和の平方根を算出する平均振幅演算手段を設け、該算出した値を前記所望の周波数におけるスペクトルの振幅値の自乗平均平方根値として出力又は表示することを特徴とする。請求項2の周波数スペクトル分析装置は、請求項1記載の周波数スペクトル分析装置において、前記所望の周波数近傍における所定数のスペクトルは、前記所望の周波数近傍における振幅値の大きいスペクトルから順次所定数選択されることを特徴とする。請求項3の周波数スペクトル分析装置は、請求項1又は2記載の周波数スペクトル分析装置において、前記所望の周波数におけるスペクトルの振幅値の自乗平均平方根値は、前記所望の周波数近傍における所定数のスペクトルの振幅値の自乗の和の平方根に前記窓関数に応じて設定される係数を乗じた値であることを特徴とする。請求項4の周波数スペクトル分析装置は、請求項1乃至3のいずれか1項記載の周波数スペクトル分析装置において、前記所望の周波数近傍におけるスペクトルの振幅値のサンプリングする前記所定数は、前記自乗平均平方根値が前記所望の周波数と一致したときに得られるスペクトルの振幅値に対し、少なくとも99.0%以上となるように選択されることを特徴とする。

【0011】

【作用】使用者が所望の周波数を指定すると、その周波数の近傍における所定数のスペクトルの振幅値の自乗の和の平方根が算出され、その算出値が指定した周波数におけるスペクトルの振幅値の自乗平均平方根値として出力又は表示される。好ましくは、所望の周波数近傍における所定数のスペクトルは、所望の周波数近傍における振幅値の大きいスペクトルから順次所定数選択される。また好ましくは、所望の周波数におけるスペクトルの振幅値の自乗平均平方根値は、所望の周波数近傍における所定数のスペクトルの振幅値の自乗の和の平方根に窓関数に応じて設定される係数を乗じた値である。さらに好ましくは、所望の周波数近傍におけるスペクトルの振幅値のサンプリングする所定数は、自乗平均平方根値が所望の周波数と一致したときに得られるスペクトルの振幅値に対し、少なくとも99.0%以上となるように選択

される。

【0012】

【実施例】以下本発明の実施例を図面を参照して説明する。

【0013】図1は本発明の一実施例に係る周波数スペクトル分析装置の全体構成を示すブロック図である。同図において1は、分析対象となるアナログ信号 $f(t)$ が入力される信号入力端子であり、入力された信号 $f(t)$ は信号処理部2に供給される。

【0014】信号処理部2は、信号 $f(t)$ を適当な振幅及び周波数帯域に調整し、A/D変換部3に供給する。A/D変換部3は入力信号をデジタルデータ $f(n)$ に変換し、演算制御部4に供給する。

【0015】演算制御部4は、入力されたデジタルデータ $f(n)$ をメモリに記憶し、その後窓関数 $W(n)$ の乗算、離散的フーリエ変換及び指定された周波数におけるスペクトルのRMS値の算出を行い、その算出結果を表示部5に供給する。表示部5は、指定された周波数におけるスペクトルのRMS値を表示する。

【0016】上記信号処理部2、A/D変換部3、演算制御部4及び表示部5は、操作部6に接続されており、使用者の操作により、各種パラメータの設定、表示等が行えるように構成されている。

【0017】次に図2を参照して本実施例の分析装置の動作を説明する。図2は、図1の装置における処理手順をフローチャートとして示したものである。

$$W(n) = [1 - \cos(2\pi n/N)], \quad n=0, 1, \dots, N-1$$

とすると、即ち本来のハニング窓関数 $[1/2 - \cos(2\pi/N)/2]$ を2倍した関数を用いると、RMS値が1.0の正弦波のパワースペクトル(振幅値 $2^{1/2}$

$$2 \cdot |F(k)|^2 = \delta(k-k_0) + \frac{1}{4}\delta(k-k_0-1) + \frac{1}{4}\delta(k-k_0+1) \dots (1)$$

となる。

【0024】ここで $\delta$ はクロネッカのデルタ関数であって、 $\delta(0)=1$ 、 $\delta(m)=0$  ( $m \neq 0$ )となる。即ち右辺第1項の $\delta(k-k_0)$ は $k=k_0$ のとき値1となり、 $k \neq k_0$ のとき値0となり、第2項の $\delta(k-k_0-1)$ は $k=k_0+1$ のとき値1となり、 $k \neq k_0+1$ のとき値0となり、第3項の $\delta(k-k_0+1)$ は $k=k_0-1$ のとき値1となり、 $k \neq k_0-1$ のとき値0となる。

【0025】上記式(1)によれば $k=k_0$ のとき $2^{1/2}|F(k_0)|=1.0$ となるので、矩形窓を用いる場合の振幅値1.0と $k=k_0$ において一致する(図5(a)、図6(a)参照)。

【0026】従って、ハニング窓を採用する場合も、注目している周波数点 $k_0$ においては、矩形窓を採用する場合と同じ振幅値が得られる。

【0027】しかし、入力信号周波数が周波数点の間隔 $\Delta f$ の半分( $\Delta f/2$ )だけ変化すると、スペクトルが広がる結果、前述したように $k_0$ における表示値は、矩

【0018】まず、アナログ入力信号 $f(t)$ を読み込み(ステップS1)、次にA/D変換を行って(ステップS2)、デジタルデータ $f(n)$ を得る。次に、サンプル数を $N$ とし、 $N$ 個のデータ $\{f(n), n=0, 1, 2, \dots, N-1\}$ に窓関数 $W(n)$ を乗算して、データ $\{W(n) \cdot f(n), n=0, 1, 2, \dots, N-1\}$ を得る(ステップS3)。

【0019】次に高速フーリエ変換により、データ $\{W(n) \cdot f(n), n=0, 1, 2, \dots, N-1\}$ について離散的フーリエ変換を実行し、複素数データ $\{F(k), k=0, 1, \dots, N-1\}$ を得、正負の周波数成分の合成値として振幅値 $2^{1/2}|F(k)|$  ( $k=0, 1, \dots, N/2-1$ )を算出する(ステップS4)。なお、この振幅値は通常は、所定値(例えば1.0V)を基準とするデシベル値で表示する。

【0020】次に本実施例におけるステップS5からS10の処理を説明する前に、従来の分析装置における分析結果の表示手法について説明する。

【0021】従来の分析装置では、ある離散的周波数点 $k_0$ に一致する周波数の正弦波に対して、矩形窓関数 $\{W(n)=1.0, n=0, 1, \dots, N-1\}$ を乗算したときの振幅値を基準値とし、別の窓関数(例えばハニング窓関数)を乗算したときの振幅値が前記基準値に一致するように適当な補正を行うようにしている。

【0022】例えばハニング窓を採用する場合には、窓関数 $W(n)$

$|F(k)|$ の2乗)は

【0023】

【数1】

形窓を採用した場合には3.9dB低下するのに対し、ハニング窓を採用した場合には1.423dB低下し(図5(b)、図6(b)参照)、両者は一致しなくなってしまう。

【0028】そこで本実施例では、使用者が希望する周波数 $f_d$ の近傍の複数の周波数点の振幅値 $2^{1/2}|F_k|$ の自乗の和の平方根を周波数 $f_d$ における振幅値 $RMS|F_k|$ として表示するようにしている。

【0029】具体的には、図2のステップS5～S8に示すように、使用者が所望の周波数 $f_d$ を指定すると(ステップS5)、 $f_d$ 近傍の加算すべきスペクトルの数 $m$ を決定し(ステップS6)、 $m$ が奇数か否かを判別し(ステップS7)、奇数のときには、次式(2)により振幅値 $RMS|F_k|$ を算出する(ステップS8)。一方、 $m$ が偶数のときには次式(3)により振幅値 $RMS|F_k|$ を算出する(ステップS9)。

【0030】

【数2】

$$\text{RMS} |F_k| = \alpha \left( \sum_{j=-\frac{m-1}{2}}^{\frac{m-1}{2}} 2 \cdot |F_{k+j}|^2 \right)^{1/2} \quad \dots (2)$$

$$\text{RMS} |F_k| = \alpha \left( \sum_{j=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}-1} 2 \cdot |F_{k+j}|^2 \right)^{1/2} \quad \dots (3)$$

ここで $k$ は周波数 $f_d$ に最も近い周波数点を表わし、 $\alpha$ は窓関数に応じて設定される係数であり、矩形窓の場合は1、0、ハニング窓の場合は $(2/3)^{1/2}$ である。

【0031】上述のように算出した $\text{RMS} |F_k|$ を表示するのは、離散的フーリエ変換の物理的考察によれば、ある周波数の正弦波のRMS値は、リーケージのためにその周波数の近傍の複数のスペクトルに拡がった各スペクトルの振幅値の自乗値 $2 |F(k)|^2$ の和の平方根に等しくなるからである。即ち、例えば図6(a)においては、 $f = f_0$ におけるRMS値は、 $f_0$ 近傍の3本のみのスペクトルの振幅値の自乗和の平方根に等しく、図6(b)においては $f = f_0 + \Delta f / 2$ におけるRMS値は、 $(f_0 + \Delta f / 2)$ 近傍の複数本(例えば6本)のスペクトルの振幅値の自乗和の平方根に等しくなる。

【0032】図3(b)は、図6(b)の場合に合算するスペクトルの数 $m$ と、 $f = f_0 + \Delta f / 2$ における $R$

$$R = \alpha \left( \sum_{j=-\frac{m-1}{2}}^{\frac{m-1}{2}} 10^{D_{k+j}/10} \right)^{1/2} \quad (m: \text{奇数}) \quad \dots (4)$$

$$R = \alpha \left( \sum_{j=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}-1} 10^{D_{k+j}/10} \right)^{1/2} \quad (m: \text{偶数}) \quad \dots (5)$$

ここで $\alpha$ 、 $k$ 、 $m$ は式(2)、(3)と同一のものである。

【0036】次にハニング窓を用いる場合の係数 $\alpha$ の決定方法について説明する。

$$P = 2 \{ |F(k_0-1)|^2 + |F(k_0)|^2 + |F(k_0+1)|^2 \} \\ = 1/4 + 1 + 1/4 = 3/2$$

この $P$ 値は本来1、0となる必要があるので、パワーで2/3倍の補正が必要であることがわかる。従ってRMS値では $(2/3)^{1/2}$ 倍する必要がある、 $\alpha = (2/3)^{1/2}$ としている。

【0039】次に窓関数として矩形窓を用いる場合の、合算すべきスペクトル数 $m$ について検討する。

【0040】図5(b)は、入力信号周波数 $f$ が $f_0 + \Delta f / 2$ に変化した場合のスペクトル分布を示しており、図3(a)はこの場合の $m$ 値と比率 $R$ との関係を示している。同図から明かなように、 $m=5$ で $R=97.0\%$ 、 $m=10$ のとき $R=98.1\%$ となり、従来

MS値に対する、前記式(2)又は(3)により算出される $\text{RMS} |F_k|$ 値の比率 $R(\%)$ との関係を示している。ここで、合算は振幅値の大きいスペクトルから順次行うものとする。図3(b)に示したように、 $m=3$ で $R=99.0\%$ 、 $m=4$ で $R=99.96\%$ となるので、実用上は必要な精度を考慮して $m=3$ 又は4程度とすればよい。なお、 $f = f_0$ のときは図6(a)から明かなように $m=3$ で $R=100\%$ となる。

【0033】また、スペクトルの拡がりは入力信号の周波数が分析中に変動しない限り、 $f_0$ から $\Delta f / 2$ だけずれたとき(図6(b)の場合)が最大となる。

【0034】なお、図5又は図6に示すスペクトル振幅値のデシベル値 $D$ から、上記比率 $R$ を算出する場合に、次式(4)、(5)による。

【0035】

【数3】

【0037】窓関数として $\{1 - \cos(2\pi n/N)\}$ を用いると、正弦波の全パワー $P$ は、式(1)、(2)を参照すると、以下ようになる。

【0038】

の分析装置の場合( $R=64\%$ )より大幅に改善することができる。

【0041】以上のように本実施例によれば、窓関数及び必要な精度に応じて設定されるスペクトル数 $m$ と、窓関数に応じて設定される補正係数 $\alpha$ を用いて、式(2)、(3)によって算出される $\text{RMS} |F_k|$ が表示されるので、入力信号周波数が変化した場合でも所望周波数における正確なRMS値を表示することができる。

【0042】次に入力信号周波数が分析中に大きく変動する場合(例えば分析対象である回転機械の回転数が負

荷変動や、条件変更により大きく変動する場合)に、特定の周波数成分を評価する方法について検討する。

【0043】入力信号がA/D変換中に変動すると、例えば図4(a)に示すように拡がったスペクトルが得られる。また、条件の変更により、あらかじめ設定した周波数 $f_0$ から $f_0$ と異なる周波数 $f_0'$ にずれた場合には同図(b)に示すようなスペクトルが得られる。

【0044】図4に示したような場合には、前記式(2)における $m$ 値、即ち合算すべきスペクトルの数は、使用する窓関数及び必要な精度とともに、入力信号の周波数変動の割合をも考慮して決定する。即ち、周波数変動の割合が大きい程スペクトルの拡がりも大きくなるので、 $m$ 値をより大きな値に設定する。

【0045】これにより、入力信号周波数が分析中に変動する場合においても特定の周波数成分のRMS値を正確に表示することができる。

【0046】なお、上述した実施例では分析結果を表示部に表示するようにしたが、デジタルデータとして例えばコンピュータ等に出力するようにしてもよい。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように本発明の周波数スペクトル分析装置によれば、使用者が所望の周波数を指定すると、その周波数の近傍における所定数のスペクトルの振幅値の自乗の和の平方根が算出され、その算出値が指定した周波数におけるスペクトルの振幅値の自乗平均

平方根値として出力又は表示されるので、入力信号の周波数が変化する場合でも所望周波数における正確な振幅値を得ることができ、信頼性の高い測定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る周波数スペクトル分析装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1の装置における処理の手順を説明するためのフローチャートである。

【図3】振幅値の自乗を合算するスペクトルの数( $m$ )と、入力信号の特定の周波数スペクトルの真の振幅値に対する表示値の比率( $R$ )との関係を示す図である。

【図4】入力信号の周波数が分析中に変動する場合のスペクトルの例を示す図である。

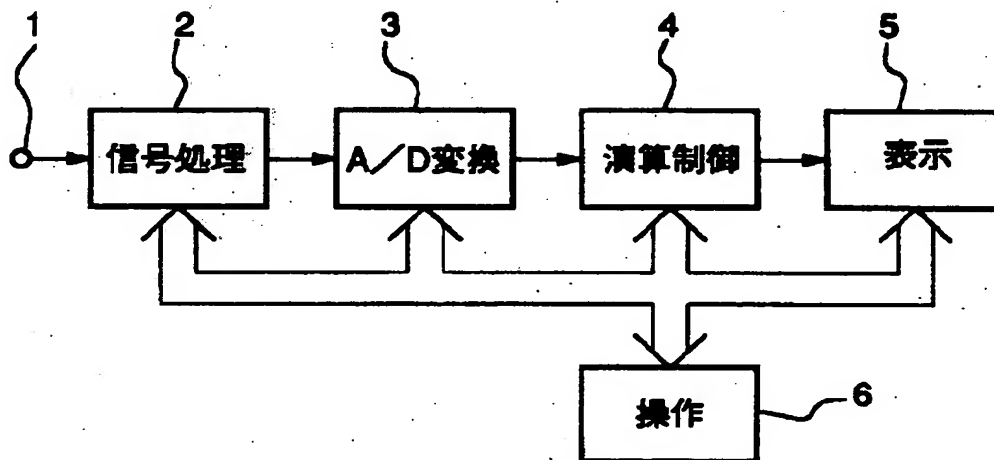
【図5】矩形窓を用いる場合のスペクトルの一例を示す図である。

【図6】ハニング窓を用いる場合のスペクトルの一例を示す図である。

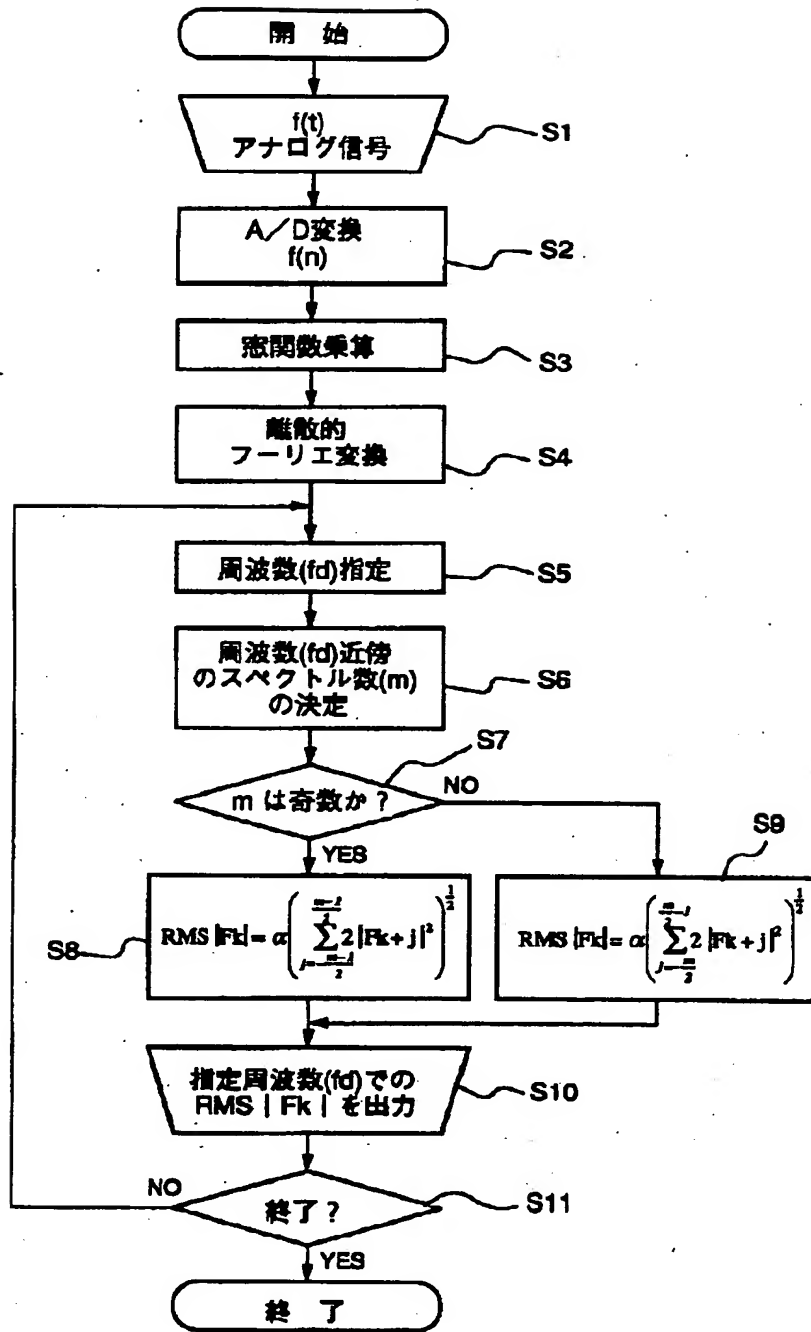
【符号の説明】

- 1 信号入力端子
- 2 信号処理部
- 3 A/D変換部
- 4 演算制御部
- 5 表示部
- 6 操作部

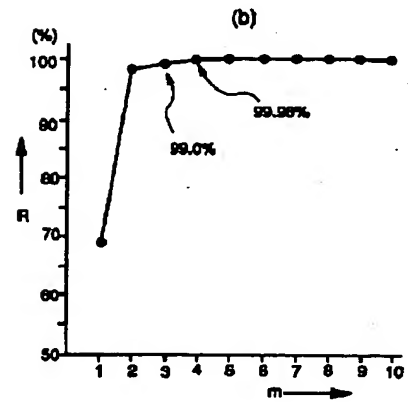
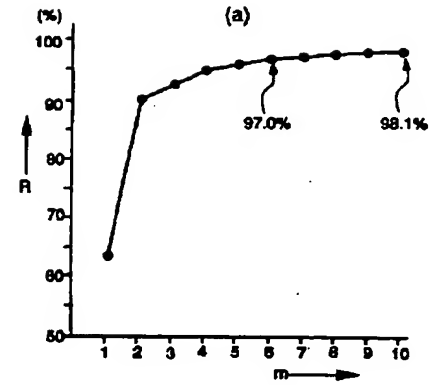
【図1】



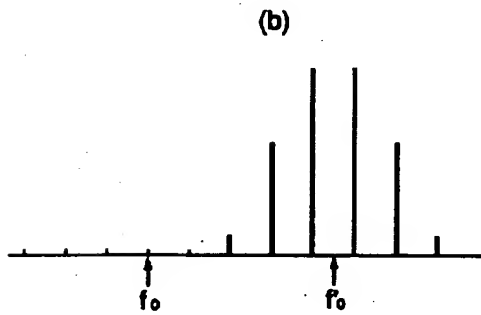
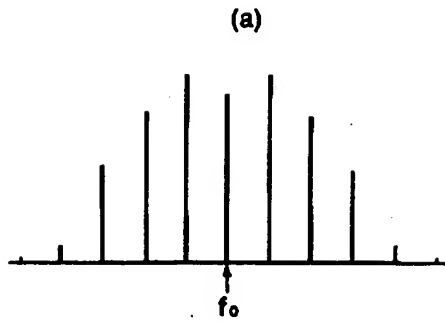
【図2】



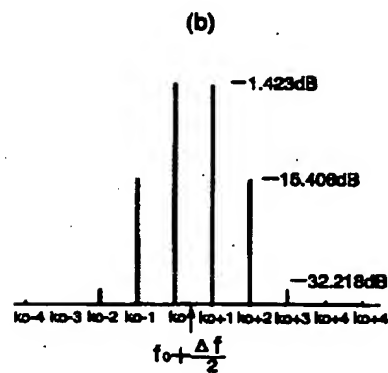
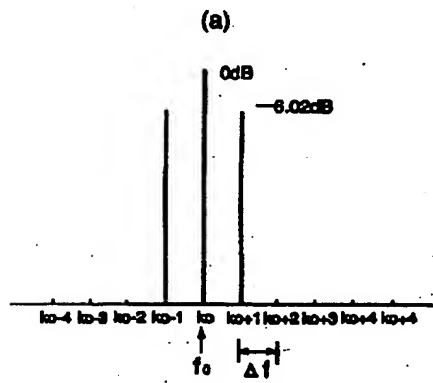
【図3】



【図4】



【図6】



【図5】

